

Meunier, J. G. I. (1992). "Sémiotique et néo connexionnisme". In G. Deledalle (Ed.), *Signs of Humanity; L'homme et ses signes*. (pp. 297-307). Berlin: Mouton de Gruyter

Sémiotique et néo-connexionnisme.

1-Le paradigme symboliste:La fonction cognitive des symboles :

Lors d'un rapport présenté au gouvernement américain, la Sloan Foundation proposait la définition suivante des sciences cognitives :

" Cognitive science is the study of the principles by which intelligent entities interact with their environments"
(Machlup F. Mansfred U, 1983, p. 75)

Plus précisément, encore elle définissait leur tâche ainsi:

to discover the representational and computational capacities of the mind and their structural and functional representation in the brain.
Machlup F. et Mansfred, U.1983:5.

Une telle définition de la tâche correspondait évidemment à un courant de pensée scientifique issu des recherches en intelligence artificielle où le processus cognitif était compris comme étant de nature essentiellement représentationnelle et symbolique. Cette thèse remonte à Minsky et Papert (1969) et fut reprise par Newell et Simon (1972), pour qui l'intelligence dite "artificielle" des ordinateurs est vue essentiellement comme un système de traitement de symboles. Dès 1965, dit Newell:

Scientists in AI saw computers as machines that manipulated symbols. The great things was, they said that every thing could be encoded into symbols, even numbers.
Newell, 1983:96

"Formal logic if it showed nothing else, showed that ideas - at least some ideas- could be represented by symbols and that these symbols could be altered in meaningful ways by specifically defined process.
Newell and Simon, 1972: 877

Ce modèle, on le sait, reposait sur une théorie très spécifique du traitement de l'information. Un système artificiel intelligent en est un qui *manipule* des symboles. Il est comme l'a proposé Newell (1975): un système physique de traitement de symboles. Selon cette thèse, ce qui caractérise avant tout le fonctionnement d'un ordinateur réalisant artificiellement un comportement "intelligent " ne sont pas les opérations et calculs d'ordre numérique si complexes soient-ils ni les manipulations mécaniques et électroniques sophistiquées. Un ordinateur "intelligent" est avant tout un système dit "rationnel" qui traite un type particulier de signes à savoir des symboles. Une intelligence artificielle est une forme de machine "abstraite" qui manipule des symboles physiques.

At the root of intelligence are symbols, with their denotative power and their susceptibility to manipulation. And symbols can be manufactured of almost anything that can be arranged and patterned and combined. Intelligence is mind implement by a patternable king of matter.
Simon, 1980. 35

On en faisait même une condition suffisante:

A Physical symbol system has the necessary and sufficient means for general intelligent action .
Newell et Simon, 1976:116

Haugelang (1981, 1986) reprenant de façon plus synthétique le travail de Newell et Simon présente pour sa part une définition plus complexe et certainement plus étayée de l'intelligence artificielle. En effet , il précise la nature de ce système en le reliant à la théorie des "systèmes formels interprétés" et auxquels il rajoute la dimension automatique:

An automatic formal system is a physical device (such as a machine) which automatically manipulates the token of some formal system according to the rules of that system"
 Haugeland, 1981:10.

Depuis les années 70, cette conception que nous appellerons *symboliste* a grandement influencé les théories cognitives. Par analogie et transfert de concepts, cette conception permettait en effet de traduire les divers *processus cognitifs* en un système complexe de fonctions spécifiques et autonomes. Ces fonctions dites cognitives pouvaient alors traiter l'information symbolique de manière *et atomique, productive et inférentielle*. Etant souvent aussi de type récursives, elles pouvaient aussi recevoir une traduction computationnelle.

A ces dimensions syntaxiques, s'ajoutait une dimension sémantique importante. Les symboles recevaient une fonction de représentation. Ils étaient interprétables.

Cognition . . . is explained in terms of regularities in semantically interpreted symbolic representations, just as the behavior of a computer evaluating a mathematical function is explained in terms of its having representations of mathematical expressions (such as numerals) and the mathematical properties of the numbers these expressions represent.
 Pylyshyn, 1984:70

Plusieurs recherches parallèles allaient donner à cette théorie symboliste une forme linguistique caractéristique. Ainsi, en 1975, Fodor soutenait que la structure idéale de ces symboles devait être celle d'une langue ou un code interne. (inner code) du type de ceux que l'on trouve dans les langues logiques propositionnelles. Tant dans les systèmes IA que les designs expérimentaux des psychologues, de nombreuses représentations des connaissances reposèrent sur cette forme logico-linguistique de la représentation. (Fodor, (1975), Kintch, (1974), J.R.Anderson (1976), (1983) Miller G.A. & Johnson-Laird (1976)) Jackendoff (1983, 1988) etc), Hendrix G. G. (1977), Schubert, (1975), Lévesque et Brachman (1984), Jackson, Reichgelt, Harmelen (1989) etc.

Vu la nature linguistique et donc réglée de ces fonctions, on pouvait alors qualifier ce système de "rationnel" au sens aristotélicien du terme c'est-à-dire qu'il était un système qui opérait sur son environnement à partir de normes (au sens latin de ratio) et donc de règles et non simplement de réactions.

A cognitive system, in short, is an inference machine: a system that merits an inferential characterization. Thus to explain cognition is to explain how a system can merit an inferential characterization- i.e. - to explain how it can reason
 Comings, 1988. 108

Ainsi, dans cette perspective, la représentation cognitive se définissait toujours comme une structure symbolique soumise à des règles syntaxiques et sémantiques. Toute représentation qui ne contiendrait pas ces propriétés "langagières" ne pouvait être considérée sérieusement comme une modélisation des processus cognitifs

Because Classical mental representations have combinatorial structure, it is possible for classical mental operations to apply to them by reference to their form. The result is that a paradigmatic classical mental process operates upon any mental representation that satisfies a given structural description, and transforms it into a mental representation that satisfies another structural description.
 Fodor & Pylyshyn : 1988: p 13

C'est là une position qui fut soutenue par plusieurs chercheurs entre autres par, Haugeland (1978, 1986); Fodor (1975, 1983); Pylyshyn (1984); Dennett (1978, 1987); Johnson Laird (1988), Comings (1989),¹

Ainsi cette théorie symboliste permettait de construire une modélisation des processus cognitifs. Etait ainsi créée une théorie psychologique dite *computationnelle* des processus cognitifs et parallèlement une philosophie *fonctionnaliste* de l'esprit. (MIND).

The mind is a symbolic system. It can construct symbols and it can manipulate them in various cognitive processes. It may relate the resulting symbols of something in the world, as when one verifies the resulting symbols in a description....

Mental phenomena depends on the brain, and they can best be explained in terms of symbols.
 Johnson Laird, P., 1988:34

L'un des corollaires importants de cette théorie touchait le mode d'existence matérielle de ces fonctions cognitives. En effet, cette conception dite fonctionnaliste de la cognition permettait de les considérer de manière autonome et indépendante de leur réalisation ou de leur instantiation matérielle. Tout comme dans le domaine de l'informatique on étudie les fonctions computationnelles (les

¹Pollock, J. Contemporary Theories of Knowledge Totowa N.J. Rowman and Littlefield 1987

programmes) indépendamment des ordinateurs qui les effectuent, de même on pourrait étudier les fonctions cognitives indépendamment du cerveau qui les fait exister.

Ainsi, deux fonctions cognitives seraient dites identiques en regard de leurs propriétés internes(leurs fonctions) et non en regard de leur mode de réalisation physique. Que ces fonctions soient "implémentées" dans un système neurologique ou informatique et même mécanique n'influencerait aucunement leur *analyse* et donc leur *critère d'identification*. La cognition pouvait alors être décrite par des prédicats d'ordre fonctionnel ou computationnel et non plus par des prédicats d'ordre physique. Était ainsi créé un domaine original d'étude: la *cognition*. On pouvait analyser ces fonctions sans se soucier de leur propriétés physiques, car elles présentaient un *niveau d'explication* (Marr, 1982) un *design* (Dennett, 1978) ou une *architecture* (Pylyshyn, 1984) propre et spécifique.

2- Le paradigme néo connexionniste ou sous symbolique

Depuis une dizaine d'années, influencé par la grande tradition associationniste de Watson, Skinner, etc un nouveau modèle d'explication des processus cognitifs est apparu. Mais ce modèle, appelé *connexionniste* refuse d'emblée un traitement symbolique de cette information.

The connectionist dynamical system hypothesis (8a) provides a connectionist alternative to the syntactic hypothesis of the symbolic paradigm.

Smolensky, 1988 p: 6

En effet, pour cette théorie, l'organisation et la rétention de l'information ne présente aucunement la forme d'un quelconque langage symbolique. Elle est plutôt directement liée à la nature de son "implémentation" c'est-à-dire de sa réalisation physique dans le réseau soit électronique ou neuronal qui matériellement la supporte. De plus, l'acquisition, la transmission et l'organisation de l'information ne peut s'observer à un seul niveau élémentaire d'un transmetteur mais dans l'interaction *distribuée* de plusieurs transmetteurs ou neurones interagissant en parallèle.

the mechanisms of mind are most likely best understood as resulting from the cooperative activity of very many relatively simple processing units operating in parallel.

Rumelhart, Mc Lelland, 1987 vol 1, 131

Theses (connexionnist) _models assume the information processing takes place through the interactions of a large number of simple processing elements called units, each sending excitatory and inhibitory signals to other units.

Rumelhart & Mc Lelland, 1987:PRP, vol. II

Mais un système cognitif connexionniste ne s'intéresse pas uniquement à la forme du *traitement de l'information*, il se caractérise aussi par la forme de *apprentissage* de ce traitement d'information

Il existe évidemment plusieurs modèles de ce type de connexionnisme: Grossberg, (1976,1978,1988) Anderson J.A, (1973,1976), Rumelhart, Mc Lelland (1987) etc.pour n'en citer que quelques uns. Mais on trouvera dans ces divers modèles des constituants souvent équivalents mais aux paramètres différents (cf seuil d'activation et d'équilibre, règle et schéma de connections etc).

3-Le débat.

La confrontation du modèle symbolique et du modèle connexionniste engendra évidemment un débat important. En 1987, Mc Lelland et Rumelhart attaquaient de manière virulente ces thèses devenues classiques sur la nature de la représentation en intelligence artificielle et dans les sciences cognitives. Pour eux, ces modèles sont non-pertinents et ont échoué dans leur explication du processus cognitif.

Symbol -processing machine, for all their Turing equivalence, had failed to provide useful framework for the simple insights about interactive nature of processing that lead to such models.

Rumelhart & Mc Lelland, 1987:PDP, vol I p:X

Les connexionnistes affirment ainsi que les modèles classiques ne peuvent en rien expliquer la genèse des apprentissages, les fonctionnements cognitifs aux contraintes multiples, l'interrelation avec les conditions physiques de réalisation (neurologiques ou électriques etc.) Pour eux, toute l'information se trouve dans les interconnexions. Dans cette perspective, la représentation, si on peut encore parler de représentation, n'est plus symbolique mais strictement physique. Elle se réduit à l'interrelation d'un ensemble de constituants du système neuronal ou électrique.

All the knowledge is in the connections : (all the knowledge is implicit in the structure of the device that carries out the task rather than explicit in the states of units themselves. Knowledge is not directly accessible to interpretation by some processor, but is built into the processor itself and directly determines the course of processing. It is acquired through tuning of connections as these are used in processing, rather than formulated and stored as declarative facts.:

Rumelhart, Mc Lelland.P,1987,I:75

En 1988, Fodor, Pylyshyn, Pinker, etc répondaient avec autant de force par une critique systématique de l'entreprise connexionniste. Pour ces derniers, le connexionniste demeure une reprise voilée du vieux behaviorisme associatif et ne peut en aucune manière rendre compte du fonctionnement cognitif dont la nature est essentiellement symbolique. La seule architecture acceptable pour représenter les connaissances ne peut être modélisée que dans un langage de type symbolique. Et les modèles connexionnistes ne seraient pertinents que sur le plan de l'implantation.

Comme on le voit, les modèles symboliques et les modèles connexionnistes construisent des modèles du fonctionnement cognitif relativement opposés. Dans leur formulation ces modèles se présentent d'ailleurs comme irréconciliables.

Ce débat est devenu aujourd'hui des plus importants car il remet en question de nombreuses dimensions des recherches tant psychologiques, technologiques que philosophiques sur la nature de l'intelligence, de la cognition, et finalement de l'esprit (Mind).

Par ailleurs ce débat n'est pas simple. Et pour s'y enclencher, plusieurs stratégies peuvent être utilisées. Une première pourrait consister à dire que les exigences posées par les modélisations symbolistes ne sont point pertinentes et qu'un modèle connexionniste peut, malgré l'élimination de ces exigences rendre compte des opérations cognitives. Une telle approche exige alors une démonstration empirique de la réalisation effective de tels processus dont on pourra dire ils sont effectivement cognitifs.

Une deuxième stratégie, celle à laquelle nous nous rallierons, consisterait plutôt à voir si ces systèmes connexionnistes contiennent implicitement ou explicitement un certain nombre de propriétés identiques ou équivalentes à celles que l'on retrouve dans la modélisation symbolique de la cognition. Cette démonstration n'est plus empirique mais analytique. Ici la démarche consiste à analyser certains modèles proposés dans les expériences connexionnistes d'apprentissage et à voir s'ils ne présentent pas, malgré un vocabulaire de surface des entités théoriques ou des organisations internes certaines propriétés importantes des systèmes symboliques et encore plus spécifiquement des systèmes sémiotiques.

Pour de nombreuses critiques, (Pinker et Prince (1988) Dreyfus et Dreyfus (1988)) et malgré les déclarations antisymbolistes des connexionnistes, cette question sémiotique est au cœur du débat et elle ne peut être esquivée. Par ailleurs, certains protagonistes de cette théorie l'introduisent ouvertement. Pour Hofstadter, (1988) et surtout plus récemment i.Smolensky (1988); le traitement de l'information qu'effectue un système connexionniste n'est pas formellement "symbolique" au sens que les cognitivistes classiques donnent à ce terme, il serait, disent-ils, sous symbolique.

The subsymbolic paradigm challenges both the syntactic and semantic role of language in formal cognitive models.
Smolensky, PTC, 1988 p:4

Lycan pour sa part croit que malgré ce terme de "sous symbole", la fonction symbolique mais au sens traditionnel logico-sémiotique de ce terme y est toujours présent.

If subsymbols are still representors manipulated according to precise rules, they are still symbols, expressing concepts in any traditional sense of those terms.

Lycan :in Smolensky 1988, commentaires, p.43

Ces affirmations, à notre connaissance, n'ont pas été étayées suffisamment. Plusieurs ont affirmé la présence du sémiotique dans ces modèles mais sans jamais en faire véritablement la preuve. Dans ce débat, certains croient même que la question théorique de fond sur la nature d'un signe et d'un symbole et donc du sémiotique n'est pas encore assez approfondie pour trouver une solution adéquate à cette interrogation.

To settle the incompatibility issue we would have to bicker further over what is required for being genuinely "conceptual" or "symbolic."

Lycan, in Smolensky 1988, commentaires p.43

Notre interrogation voudrait ici explorer cette hypothèse de la présence du sémiotique dans les modèles connexionnistes. Vu cependant la complexité de la tâche nous devons dans les limites de la présente article nous limiter qu'à la présentation de certaines questions. Notre analyse commencera ainsi par rappeler de manière plus générale les constituants généraux d'un système connexionniste pour ensuite s'arrêter à certains d'entre eux. Sur ceux-ci, nous chercherons à identifier certaines des caractéristiques sémiotiques qui sont mis en œuvre.

4-La structure générale des réseaux connexionnistes

Afin de poser le plus clairement possible cette question sémiotique nous devons présenter un peu plus en détail la constitution du modèle connexionniste. Nous pourrions mieux ainsi situer le lieu et le lieu de nos interrogations.

Les modèles connexionnistes sont complexes et incluent de nombreux constituants. Mais leur description s'effectue habituellement sous deux modes interreliés et traduisibles l'un dans l'autre: un *mode topologique* et un *mode algébrique*. Ces deux modes chacun selon leur langage propre mettent bien évidence certains concepts importants de la théorie. Et la compréhension de la problématique sémiotique de ces modèles de peut faire abstraction de ces deux langages de description. Nous les présenterons brièvement ici.

-Le mode topologique de la représentation de l'information dans le modèle connexionniste:

Le premier mode de description est ici appelé topologique parce qu'il présente l'ensemble des concepts techniques du modèle en termes de relations fonctionnelles illustrées sous le mode de graphes dirigés. Dans ce mode de présentation nous distinguerons quatre grandes sous structures:

Une première sous structure de traitement de l'information est constituée d'une modélisation de l'entrée de l'information c'est-à-dire de la première " machine" de perception ou de détection par où entrent les stimuli c'est-à-dire les informations. Ceux-ci constituent les *intrants* des multiples *unités de traitement*. L'information qui est amenée à ces unités de traitement est un stimulus qui est "*détectée*" par ces portes d'entrée. Ce stimulus peut venir de l'extérieur. Il est alors capté par des *transducteurs*. Mais il peut aussi venir par rétroaction du réseau sur lui-même.

On représentera ici ces portes ou *détecteurs ou transducteurs* par des petits cercles précédés d'une ligne d'entrée.



Figure 1

FIGURE 1

La flèche représente la direction de l'information et le cercle le détecteur/ transducteur lui-même. L'information arrive avec un degré N d'activation.

La seconde sous-structure et le constituant principal d'un réseau connexionniste est une *unité de traitement* UT ou (processeur). L'information originant des multiples détecteurs entrent dans ce processeur qui alors la "traite", "la processe" ou la "compute" fonctionnellement pour à la fin produire un stimulus extrant qui à son tour est envoyé à d'autres unités du réseau. Le type computation effectuée par ce processeur varie selon les modèles. Elle tiendra compte soit de la force soit du poids ou soit degré d'activation de chacun des stimulus intrant. Elle produira ensuite un extrant dont la force sera déterminée par une règle ou un seuil, etc. Par exemple, chaque unité de ce système pourra la computer en calculant la somme pondérée de ses intrants qui ne devra pas dépasser un certain seuil.

Bref, l'information qui entre est acceptée et modifiée par le travail de cette unité de traitement. Et cette computation constitue l'essentiel du travail de l'unité de traitement.

A units job is simply to receive input from its neighbors and as a function of the input it receives, to compute an output value which it send to its neighbors.

Rumelhart & Mc Lelland 1987, vol 1: 47.

Par exemple, dans l'*unité de traitement* de la figure suivante, on trouve quatre "détecteurs" a, b, c, d. qui génèrent chacun un intrant. Chacun d'eux arrive avec un degré plus ou moins fort d'activation et il peut être positif (+1) ou même inhibiteur (-1). De plus, chaque intrant peut même être affecté par la connexion elle-même qui en affecte la force. Chaque stimulus d'entrée arrive ainsi avec un poids w spécifique. Le degré d'activation totale que reçoit l'unité de traitement selon les modèles, pourra être calculé tantôt par une sommation simple de toutes ces forces d'activation ou tantôt par une règle plus complexe.



FIGURE 2

Le résultat global des intrants est à son tour soumis à une computation ou une fonction UT_1 qui détermine la valeur x de l'exrant qui est alors distribuée sur les divers autres unités du système. Cet extrant devient à son tour l'intrant des autres unités de traitement.

La troisième sous-structure forme le réseau lui-même. Celui-ci connecte toutes ces unités de traitement entre elles.

On peut représenter ces connexions par des flèches qui tantôt deviennent des intrants pour d'autres unités de traitement ou qui tantôt, originant de ces unités de traitement, partent dans diverses directions pour se distribuer vers d'autres.

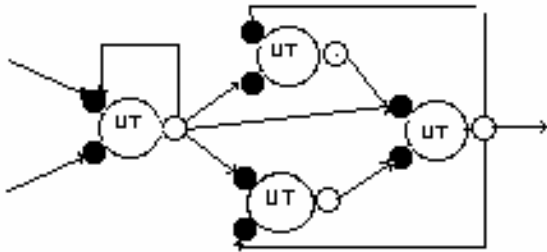


FIGURE 4

Cette interaction des diverses unités entre elles définit la distributionnalité de l'information

When we speak a distributed représentation, we mean one in wich the units represent small, feature like entities. In the case it is the pattern as a whole that is the meaningful level of analysis. This should be contrasted to a one ot one concept representational system in which single units represent entire concepts or other large large meaningful entities.

Rumelhart et al. 1987. PDP I: 47

Enfin la dernière sous structure de traitement de l'information quitte le plan synchronique pour l'enclencher dans le diachronique. En effet, les valeurs numériques, les paramètres, les fonctions que tous ces constituants prennent varient de manière réglée et contrôlée à chaque moment du déroulement de l'action de ces réseaux. L'ensemble du réseau est donc transformé constamment jusqu'à ce qu'il atteigne un certain état de stabilité fonctionnelle. Cette transformation constitue pour les systèmes connexionnistes la modélisation de l'apprentissage qu'ils peuvent effectuer. Cette dimension diachronique rend ces systèmes dynamiques.

By dynamical systems theory I mean the study of sets of numerical variables (eg., activation levels) that evolve in time in parallel and interact through differential equations.

P Smolensky P., 1987, 1, 195.

Ainsi ces quatre sous-structures de traitement de l'information constituent pour les connexionnistes le mode spécifique de représentation de l'Information.

-Le mode algébrique de représentation la représentation connexionniste: la vectorisation

Pour comprendre encore plus spécifiquement la problématique sémiotique qui retient notre attention, il nous faut ici ajouter à la présentation des sous structures précédentes le méta-langage formel dans laquelle tout ce modèle effectivement se définit.

En effet, le connexionnisme reçoit en effet sa puissance descriptive et prédictive du formalisme mathématique qu'il utilise. Tous les modèles connexionnistes sont traduits dans un algèbre linéaire de type vectoriel et matriciel. Leur sont appliquées toutes les opérations et transformations pertinentes à ce langage mathématique. Par exemple, dans cette modélisation, chaque *unité de traitement* est représentée par un vecteur. \mathbf{v}_i .

Mathematically each atom is simply a vector for +, -, 1 and 0 values, one for each node in the lower, représentations layer.

Smolensky PDP : 1987:1:205

Par exemple, l'unité de traitement UT_1 de la figure 3 précédente pourrait être traduite ainsi :

Vecteur \mathbf{V}_1 : {+1,+1,+1,-1}

Ce vecteur \mathbf{v}_i des intrants est donc constitué des n valeurs (ses scalaires) ¹

¹Il existe plusieurs manières de constituer les valeurs scalaires des ces vecteurs.

Chaque intrant peut être présent, absent, ou même inhibiteur.
Exemple chaque v_i peut représenter

Chacune des valeurs numériques dans ce vecteur représente une information quant au degré d'activation de chaque intrant .
Ce vecteur et toutes les valeurs qu'il inclut constituent un état de la représentation de du système.

A representational state of the cognitive system is determined by a collection of values for all the representational variables {r_i} This collection can be designated by a list or vector of + 's and -s the representation vector r
Smolensky PDP : 1987:1:206)

Un vecteur v_i peut alors être lu ainsi : Dans une matrice, il constitue une rangée et chacune de ces valeurs est associé au *nom* de chaque intrant a, b, c, d comme dans l'exemple suivant :etc

	a	b	c	d
v_1	1	1	1	-1

et plusieurs autres vecteurs pourraient y être ajoutés pour former une matrice plus complète.

On peut par ailleurs en construire une matrice qui décrit l'interaction en un moment donné des multiples unités de traitement. On créera alors une matrice de l'interaction de ces vecteurs Cette représentation matricielle ouvre la porte à de nombreux calculs sur le fonctionnement général du système.

	U	Y	W	Z
Y	1	1	1	-1
U	1	1	1	-1
W	1	-1	1	1
Z	1	1	-1	1

Cette représentation vectorielle constitue le langage principal de la modélisation des réseaux connexionnistes. Son usage et ses applications lui permettent de contrôler très rigoureusement tant la description que la prédiction. Ce langage est plus complexe que nous l'avons présenté ici car il touche de nombreuses opérations d'algèbre linéaire et matricielle. Mais pour les fins de notre analyse , la description relativement brève que nous en avons faite ici haut nous suffira pour poser les questions qui retiennent notre attention.

Ainsi, on peut comprendre comment la forme de ces quatre niveaux d'organisation du traitement de l'information et du métalangage utilisé pour les décrire amènent les connexionnistes à refuser la valeur et la pertinence d'une représentation symbolique dans le processus cognitif. Une représentation n'a plus besoin de symboles, sa structure d'organisation suffit à inscrire l'information.

Mais, oserons-nous avancer dans notre recherche, malgré leurs déclarations officielles , il nous semble évident que, malgré qu'ils réussissent pas à éliminer une problématique strictement symbolique, les connexionnistes ne réussissent pas à élarger la problématique sémiotique. En effet, si le connexionnisme donne un statut de représentation à un réseau , à quelque part sous un mode explicite ou implicite, il pose la question de la signification de ce réseau . Si un réseau "représente", il présente quelque chose d'autre que lui-même. Dans ce sens, un réseau connexionniste demeure toujours un "aliquid stat pro aliquo". Telle est le cœur de la question sémiotique.

soit la présence 1 , l'absence 0, ou l'inhibition d'un intrant -1.

pour autre unité traitement UT_k les valeurs pourraient être :

v_k : [0,1,1,-1,0,-1,1,0]

5-La fonction sémiotique : définition

Nous allons maintenant tenter d'illustrer comment les trois premières sous-structures que nous avons définies à savoir les détecteurs, les unités de traitement et les interconnexions posent la question sémiotique. L'état de notre recherche actuelle ne nous permet pas de l'explicitier clairement pour le dernier niveau (l'apprentissage) mais nous croyons qu'elle y est aussi présente. Pour le démontrer cependant, il faut une analyse plus serrée de la structure combinatoire et catégorielle du réseau des interconnexions dans une perspective diachronique d'apprentissage. Par ailleurs, il nous faut aussi analyser le métalangage vectoriel qui lui aussi soutient des perspectives sémiotiques importantes.

Nous faisons donc hypothèse que ces trois sous-structures sont des micro-systèmes qui manipulent des objets sémiotiques dans le sens classique du terme c'est-à-dire comme des "aliquid stat pro aliquo" : quelque chose qui représente autre chose. On y trouvera le processus de base des sémiotiques classiques et plus particulièrement celle de Morris (1938) : à savoir celle du signe véhicule, de l'interprète, de l'interprétant et du corrélat signifié.

Bien que l'unité de traitement ne soit pas comme un manipulateur de "symboles" au sens où les théories classiques de la cognition et de l'intelligence artificielle le comprennent, c'est-à-dire des lexèmes du vocabulaire d'une langue logique ou informatique, à qui correspond par compilation et interprétation (au sens informatique de ces termes) un codage machine et finalement une impulsion électrique, il n'en occupe pas moins une fonction sémiotique dans la théorie. Ils présentent en effet les propriétés minimales qui permettent à une structure physique de jouer une fonction sémiotique.

Les théoriciens du connexionnisme acceptent évidemment difficilement une telle croisée de leur territoire avec la sémiotique. Dire que certains constituants des modèles connexionnistes occupent de telles fonctions, alors qu'ils refusent ouvertement le paradigme symbolique, leur apparaît évidemment irrecevable.

Malheureusement, leur compréhension de la sémiotique est souvent restreinte et se confond soit avec la théorie des langues artificielles soit encore avec les sémiotiques appliquées. Ils reprennent souvent à leur compte les positions de Pylyshyn (1983) pour qui la sémiotique s'intéresserait uniquement aux symboles secondaires, i.e. les symboles que les humains utiliseraient pour communiquer du "meaning":

These are not symbols that function directly as intrinsic causes of behavior" the way symbols do in computers. The symbols of semioticians have no meanings and exhibit no behavior unless there is an intelligent knowing agent to interpret them.(nous soulignons).
Pylyshyn, 1984 118.

Pour lui, ces symboles semblent sans signification intrinsèque! Ils ne portent que sur les dimensions culturelles, sociales, et conventionnelles et même, dit-il, personnelles. Ils leur faut toujours un interprète humain. Pour lui, la sémiotique se confond presque avec la théorie des idéologies ou des discours sociaux.

Hence to study these secondary symbols is to study the body of cultural conventions, intention, aspiration and so on, of individuals and groups. By contrast, mental symbols of the sort that concern cognitive science, like computational symbols, have intrinsic meaning(semantic) by virtue of being instantiated in a physical mechanism in such a way that they interact causally with each other and the world outside (through transducers)
Pylyshyn, 1984: 118.

Pylyshyn confond évidemment la théorie sémiotique avec les diverses pratiques sémiotiques ou sémiotiques appliquées. Il y a dans la théorie générale des signes, divers types et classes de signes, chacun déterminant des systèmes signifiants particuliers. Et ce n'est pas parce qu'un système touche un type plutôt qu'un autre qu'il ne participe d'une théorie sémiotique. Par exemple ce n'est pas parce que la linguistique étudie des signes d'un type différent que ne fait la logique que les deux ne sont pas sont pas dans des phénomènes sémiotiques.

Que pour sa part, l'"intelligence artificielle" s'intéresse à des symboles univoques contrôlées par des règles de formation et de transformation, ce que Peirce appelait des *deci-signes* plutôt qu'à des signes établis conventionnellement et fonctionnant par des règles socialement définies (objet spécifique de la sémiotique pour Pylyshyn) ce que Peirce appelait les *légisignes*, c'est-à-dire, ne l'élimine pas du champ de la sémiotique générale.

De même les connexionnistes sont directement interpellés par la fonction sémiotique même s'ils ne considèrent pas que leur constituants de base comme des symboles au sens de Newell et Simon, ceux-ci ont pourtant une fonction sémiotique de représentation puisque, disent-ils, ils sont des réseaux distribués d'information, des "atomes ou des "fragments de connaissance" de représentants de caractéristiques. C'est ce que la mémoire enregistre sous forme d'une *trace*.

Knowledge atoms are fragments of representations that accumulate with experience..
Smolensky 1987:1:206

Il semble évident qu'ils ne voient pas cette fonction sémiotique à l'oeuvre.

Pour les fins de la discussion il est peut être opportun de rappeler de manière générale quelques définitions et concepts de cette sémiotique :

Il faut se rappeler que chez Peirce la sémiotique est essentiellement la science formelle des signes, qu'elle met en jeu signification, interprétation et cognition .

A sign, or representamen , is something which stands for something in some respect or capacity:
Peirce :1931-vol 7-8 :228)

Pour Morris, la classification des signes en termes de syntaxe, sémantique et de pragmatique est avant tout une caractérisation de toutes formes de codes et non uniquement des langues formelles et des logiques lesquelles ne sont que des cas particuliers de systèmes de signes.

It is a language about signs.
Morris , ,1938: p 23

Chez Sebeok la sémiotique est aussi englobante et s'inscrit dans un régime de communication :

semiotics... can be informally defined as science that studies all possible varieties of signs, and the rules governing their generation and production, transmission and exchange, reception and interpretation. Concicely put, semiotics has two complemety and interdent aspects: communication and signification.
Sebeok: 1977: 23

Il existe évidemment diverses théories sémiotiques et elles n'offrent pas toutes les mêmes thèses sur la nature de ce qu'est un objet qui possède une fonction sémiotique qu'il soit appelé *signal, signe symbole ou autre*. Reste, que la sémiotique classique possède un certain nombre de concepts de base, qui peuvent devenir pertinents dans la compréhension de la fonction sémiotique des réseaux connexionnistes et plus particulièrement en ce qui retient ici notre attention les unités de traitement.

Dans la perspective d'une théorie sémiotique, un objet ou structure physique qui joue une fonction sémiotique n'est qu'un élément d'un *processus* complexe . La sémiotique on l'oublie souvent, n'est pas la théorie d'un type d'objet de la nature mais d'un type de processus : la sémiosis.. Ce processus met habituellement en interrelation plusieurs éléments. Au départ, se trouve un *objet* physique, matériel structuré ou même un événement (geste, acte, stimulus etc) qui, pour un agent interprète (humain, animal, organe, machine , etc.) est l'intrant d'un processus d'interprétation. Ainsi, l'agent-interprète réagit de manière spécifique à cet objet. Dans les termes de Morris, il "détecte " dans l'objet matériel ou l'événement une relation de renvoi à quelque chose d'autre que l'objet lui-même (son corrélat). Ce renvoi peut être causal dans le cas des signes dits *naturel* (Drestke,1984) ou il peut être *conventionnel* dans le cas des signes non naturel (Grice: 1957) ou symbolique

Autrement dit, un objet n'est pas porteur d'information ou un symbole parce qu'il est un objet physique . Un objet ne possède une fonction sémiotique que si *minimalement* il existe une relation (causale ou conventionnelle) entre cet objet et autre chose (son corrélat). Que cette relation soit reconnue ou non par un interprète (vivant ou machine, consciente ou non conscient)

Ce sont souvent cependant , les objets objets ou événements eux-mêmes qui, dans une description vulgarisante, par métonymie ou métaphore, reçoivent le nom de «signe». Pourtant, ils sont précisément des signes ou des "représentants " parce qu'ils ne sont pas pris pour eux-mêmes mais comme instance dans un processus de renvoi, c'est-à-dire dans une relation de représentation. Mais ces objets ne sont pas en eux-mêmes des signes ou des symboles. Cette application du terme «signe» ou de «symbole» à des objets ou événements, ne pose pas trop de problème lorsqu'utilisée dans une conversation quotidienne, mais elle devient vite problématique lorsqu'utilisée sans nuance dans un discours analytique ou scientifique .

Il existe évidemment diverses théories sémiotiques et elles n'offrent pas toutes les mêmes thèses sur la nature de ce qu'est un objet qui possède une fonction sémiotique qu'il soit appelé *signal, signe symbole ou autre*. Reste, que la sémiotique classique possède un certain nombre de concepts de base, qui peuvent devenir pertinents dans la compréhension de la fonction sémiotique des réseaux connexionnistes et plus particulièrement en ce qui retient ici notre attention les unités de traitement.

Aussi la sémiotique classique pour cette ambiguïté, distingue habituellement dans ce qui est appelé de manière générale et vulgarisée un *signe* , un *signal* , ou un *symbole* la dimension porteur (carrier) et ce qui dans ce porteur sera le point d'ancrage du sémiotique: les "caractères" . Le "*porteur*" est tout objet physique (objet ou événement) qui peut soutenir une fonction de signe (naturel ou conventionnel). Il est le *véhicule* physique d'une fonction . Les "*caractères* signifiants" ou *traits pertinents* (Hjemslev : (features) sont les propriétés de l'objet-porteur qui sont susceptibles d'être d'informationnels ou signifiants pour un agent dont la fonction sera de les recevoir ou de les *détecter* (machine ou autre) et ultérieurement de les interpréter . Le caractère est une propriété relationnelle d'un porteur relativement à un agent détecteur. Seul le caractère et non le porteur est le lieu du sémiotique.

La sémiotique dans les processus connexionnistes

Malgré le degré de généralité des réflexions précédentes, il nous semble que ce cadre d'analyse sémiotique plutôt que celui strictement linguistique et logique soit heuristique pour comprendre certaines dimensions du modèle connexionniste. A l'intérieur ce cadre, nous allons tenter d'identifier certaines dimensions des processus de sémiologie qui s'effectuent au niveau des trois structures que nous avons identifiées et du métalangage formel utilisé pour les décrire.

En effet, les détecteurs et les unités de traitement et leur interrelations sont tous les trois des porteurs physiques dont la fonction est détecter, de transmettre et de transformer et de structurer ce que classiquement on appelait des *signes naturels* ou des *signaux*, et que certains, comme Dretske traduisent en termes d'*information*.

Talking about information is yet a third way of talking about the fundamentally important relation of indication or natural meaning.

Dretske : 1988: 58.

Le niveau de des détecteurs.

La première sous-structure reçoit avons-nous dit des stimuli via ses détecteurs. Ces stimuli viennent de l'environnement soit externe soit interne. Et comme le dit elle-même la théorie, mais certainement de manière ambiguë, ce stimuli est "interprété" par les transducteurs qui les reçoivent. Lorsque un stimulus arrive à un détecteur, celui-ci réagit à un type spécifique d'excitation. Par exemple, lorsqu'un axone est excité par un signal intrant, il l'est par un neuro-transmetteur (acide protéinique quelconque) spécifique. Par ailleurs, ce neuro-transmetteur lui-même ne sera pas physiquement "assimilé". L'acide protéinique n'est pas littéralement "digérée" par le transducteur- mais provoquera une réaction spécifique de la cellule nerveuse avec qui s'établit le contact. Cette dernière cellule nerveuse "sécrétera" alors sa propre réaction physique (électrique, chimique, mécanique ou autre)

Dans cette perspective on peut considérer que cette sous-structure met en place un processus sémiotique certes élémentaire mais sémiotique quand même. Et ceci, pour deux raisons interreliées.

Premièrement, ce stimulus par la réaction dynamique et spécifique qu'il provoque dans le transducteur qui le reçoit, crée un processus minimal d'*interprétation*. En effet, le stimulus ne fait pas que toucher un détecteur. Il provoque une modification physique de celui-ci. Les théoriciens connexionnistes eux-mêmes disent de manière générale que ces détecteurs *interprètent* le stimuli. En ce sens, la cellule est, au sens classique du terme, un *agent interprète*. c'est-à-dire un agent qui, devant un signal reçu, inscrit ce signal dans sa constitution interne et ceci selon les modalités qui lui sont propres. Certes l'interprétation dont il est question n'est pas *consciente*, ni même *cognitive*. Aucune *compréhension* n'est pas en jeu. Elle n'en demeure pas moins une interprétation. L'interprétation dont il est question est ce que Morris (1946) et Quine (1960) et bien d'autres ont appelé *dispositionnelle*. Elle est une réaction de l'agent-détecteur-transducteur qui est affecté par le signal selon sa constitution physique propre (mécanique, chimique, électrique etc.) Dans le vocabulaire Peircien, cette réaction est le mode d'*interprétance* physique propre à cet agent.

Deuxièmement, ce stimulus est porteur d'information en raison non de sa simple probabilité d'occurrence (théorie classique de l'information) mais en raison de *relation causale* qu'il entretient à autre chose que lui-même c'est-à-dire son environnement interne ou externe. La relation causale est établie entre une source externe et ce qui dans la cellule est le porteur physique de sa réaction c'est-à-dire le signal lui-même.

Le niveau des unités de traitement.

Le processus sémiotique opère aussi au niveau supérieur des sous-structures que constituent les unités de traitement. Mais ici apparaît des nouvelles propriétés de ce processus sémiotique.

Chaque unité de traitement, avons-nous dit, est constituée de plusieurs détecteurs par où entre l'information. En raison précisément du rapport causal que chacun des signaux reçus entretient avec leur source. Ainsi par exemple, certains de ces stimuli sont reliés à une caractéristique (feature) spécifique de cet environnement. Les autres le sont à des caractéristiques propres du réseau de connexions lui-même. Et chaque unité de traitement devient ainsi spécialisée et traite des signaux qui renvoient à une ou plusieurs caractéristiques (feature) spécifiques. Ainsi, chaque unité de traitement, à sa manière et selon son "filage propre" reçoit des stimuli causalement reliés (signes naturels) à des aspects spécifiques d'un objet quelconque extérieur ou intérieur au système. Se constitue ainsi une forme plus complexe de représentation.

These features constitute the cognitive system's representation of possible states of the environment with which it deals
Rumelhart, Mc Lelland 1987:1, 47.

Par exemple dans un œil "connexionniste", les intrants originaux renvoient tous et chacun à des caractéristiques visuelles particulières de l'objet mis dans le champ de vision. Dans une "oreille connexionniste" un *son*, sera représenté, par un certain nombre

de propriétés mesurables - *une tonalité, un degré de force etc un timbre*, etc parce qu'il existe des percepteurs-détecteurs de ces propriétés. Le *son* sera une unité avec un vecteur représentant plusieurs de ses "traits".

Ainsi un grand nombre d'intrants de ces unités représentent de l'information qui est soit des "features-" d'un objet concret ou soit des caractéristiques pertinentes traitées par d'autres unités. (par rétro-action)

In some models these units may represent particular conceptual objects such as features, letters, words, or concepts: in others they are simply abstract elements over which meaningful patterns can be defined.

Rumelhart et McClelland, 1987, I:47

Cette deuxième sous-structure continue donc le processus de traitement sémiotique enclenchée par les détecteurs de première instance. Et si le niveau des détecteurs assure l'arrivée de l'information, le niveau des unités de traitement enclenche une sélection des signaux informationnels. quelque chose comme un premier niveau de classification se construit dans l'interprétation. Ce n'est pas tout l'objet qui se présente à l'unité de traitement. Celui-ci réagit qu'à certaines caractéristiques de cet objet.

Le niveau de l'interaction des unités de traitement.

A ce niveau, l'interaction de plusieurs unités de traitement complexifie le processus de représentation. Commence alors une structure combinatoire de signaux. L'analyse de ce niveau cependant demeure difficile à faire. Pour expliquer ce niveau, modèles connexionnistes multiplient les concepts qui ne rendent pas limpides toutes les opérations qui sont en jeu. On parle ici d'*association*, de *distribution*, d'*équilibre* dynamique etc. De plus les modèles mathématiques utilisés à ce niveau ne sont pas uniformes et de plus ils incluent souvent la dimension diachronique. Ce qui n'est pas pour aider la compréhension de la structuration effectuée par l'interaction des unités de traitement.

Pour de nombreuses critiques ce niveau est la pierre d'achoppement du modèle cognitif connexionniste. Pour eux, l'interaction des unités de traitement n'est qu'une reprise du vieux associationnisme et cette interaction ne peut rendre compte de l'aspect compositionnel et systématique que doit posséder une représentation adéquate de l'information. Associer n'est pas structurer.

Cette question est importante mais nous ne sommes pas en mesure d'y répondre clairement pour le moment. Nous pensons cependant que se joue à ce niveau autre chose qu'une simple association. Il nous semble en effet qu'opère à ce niveau des structures *combinatoires* complexes de signaux. Et ce que nous présente, nous semble-t-il, le modèle connexionniste est un mode original de compositionnalité des unités d'information que le modèle statistique non pas construit mais identifie.

La non-linéarité du processus connexionniste nous amène à penser en effet que le mode "compositionnel" de la structure de représentation est régie par des *opérateurs* et des *règles* d'un autre type que ceux que l'on trouve à l'oeuvre dans les modèles linéaires symboliques où domine essentiellement la *concaténation*. Mais ceci demeure pour le moment une hypothèse de notre recherche qu'il nous faut explorer davantage.

Ainsi, tant au niveau des détecteurs, des unités de traitement, que de leur interaction, nous posons l'hypothèse que le processus physique et dynamique mis en place dans le modèle constitue du point de vue de la tradition classique de la sémiotique un système qui traite un type particulier de signes: les *signes* dits *naturels* ou signaux lesquels, comme le prétend Drestke, peuvent, pour une grande part, être traduits dans le vocabulaire contemporain d'information. On y trouve en effet, les constituants de base d'un régime sémiotique : des *porteurs physique* reliés *causalement* à leur *source* et qui sont "*interprétés*" dispositionnellement par un *agent*. quelconque.

C'est à ce titre que l'on dira qu'une amibe peut être considérée comme un système sémiotique de traitement d'information. Elle traite des signes naturels et ajuste son comportement en conséquence. Par opposition, une roche qui tombe dans le vide et qui dans sa course augmente son accélération d'instant en instant ne sera pas considéré comme un tel système.

Complexification de l'analyse sémiotique.

Une fois cependant que l'on accepte l'existence de tels systèmes sémiotiques, il reste à voir si ce type de système est adéquat pour comprendre ceux que l'on dit trouver dans les processus cognitifs. Autrement dit, il ne suffit pas qu'un système soit sémiotique pour qu'il soit ipso facto un système pertinent du point de vue cognitif. Il doit, selon plusieurs théoriciens présenter les caractéristiques d'*atomicité*, de *productivité*, de *catégoricité*, d'*inférentialité* et d'*interprétativité*.

Ce problème n'est pas simple et demande une étude approfondie des modèles et des concepts mis à l'oeuvre dans le connexionnisme. La présente réflexion ne peut aborder toutes les questions que recèle cette problématique. Elle peut cependant indiquer ici certaines des interrogations que la recherche doit mettre en place.

a) la question de l'atomicité des représentation connexionnistes.

Ce forme de représentation soutient-elle aussi des thèses implicites ou explicites sur l'atomicité de l'information ? Ainsi par exemple -qu'est ce qui dans le modèle proposé constitue un atome de base de la représentation. Est-ce l'unité de traitement ou les intrants de chaque détecteur? Smolensky a sur cette question une position spécifique. Pour lui, ces réseaux n'étant pas symbolique mais sous symbolique, il n'y a pas de constituants atomiques! Ils ne sont que des "finely grained constituents".

The name "subsymbolic paradigm" is intended to suggest cognitive descriptions built up of constituents of the symbols used in the symbolic paradigm; these finely grained constituents might be called subsymbols. Entities that are typically represented in the symbolic paradigm by a large number of subsymbols.

Smolensky, 1988: p 34

Mais il nous semble que sa formulation de Smolensky est ambiguë et prête à confusion. Smolensky ne discute justement pas la question en termes sémiotiques mais en termes conceptuels. Selon son interprétation de la position symbolique que l'on trouve en intelligence artificielle et en psychologie cognitive, les divers systèmes de traitement de l'information associent habituellement à chaque constituants du modèle une structure conceptuelle ou une catégorie conceptuelle complète. Un porteur ne deviendrait symbolique parce qu'il lui est associé directement une structure conceptuelle complète comme cela existe pour les mots du langage naturel. Par exemple dans une langue naturelle, chaque élément d'un vocabulaire recevrait une structure conceptuelle spécifique, c'est-à-dire à chaque mot son concept. Classiquement en intelligence artificielle et en psychologie cognitive, les divers exemples de systèmes de traitement de l'information associent habituellement à chaque constituants du modèle une structure conceptuelle ou une catégorie conceptuelle. L'exemple prototypale en serait les réseaux sémantiques à la Quillian, Schank, Johnson-Laird, Jackendoff etc.

A l'encontre de ceci, Smolensky, propose de concevoir dans une représentation un niveau encore plus microscopique et qu'il appelle le niveau sous-symbolique et qui contiendrait quelque chose comme les sous-constituants des symboles. A notre avis, Smolensky a raison de dire que les systèmes symboliques se voient habituellement associer à leur vocabulaire de base des concepts complets et substantiels. Il est en effet vrai que dans les systèmes sémiotiques logiques ou linguistiques chaque constituant de base (lettre en logique, lexèmes en linguistique) se voit associer un concept ou une intention complète. Ainsi, dans la logique des prédicats la marque physique *P* d'une formule propositionnelle se voit attribuer habituellement une "intention" complète. Dans la phrase française "Le chien déteste le chat", chaque lexème reçoit normalement un concept qui en livre le sens.

Mais cela n'est pas le cas dans la majorité des systèmes sémiotiques. Il arrive souvent dans les systèmes de type catégorielle que plusieurs constituants de base doivent se retrouver réunis (parallèlement ou sériellement) pour qu'un concept (entité psychologique) ou une intention (entité logique) lui soit associé. Par exemple, pris isolément, les divers traits pertinents d'un phonème ne forment pas une entité phonologique complète et consistante. Ils doivent toujours apparaître ensemble et parallèlement pour former pour un agent un début d'information.

En conséquence qu'une unité de traitement, ne reçoive qu'une partie de ce qu'il faut pour construire une représentation complète ne lui retire pas sa fonction sémiotique et surtout n'élimine pas la nécessité de poser à quelque part une forme ou l'autre d'atomicité. Notre hypothèse pour le moment est que les modèles connexionnistes présentent une forme originale d'atomicité mais dont la nature ne peut être comprise à travers les modèles linéaires des systèmes symbolistes mais plutôt à travers les modèles catégorielles (Ajdukiewicz, Lewis, Montague) ou combinatoire (Kleene, Lambek, Shaumyan, Descleés) des structures sémiotiques.

b) La compositionnalité et la catégoricité dans la représentation connexionniste.

Pour qu'une représentation soit consistante, il ne lui suffit pas d'être un conglomerat aléatoire d'information. Comme nous le disions plus haut, elle doit présenter une structure interne. C'est une condition essentielle de ce que la critique appelle la *productivité* d'un système cognitif mais aussi une condition essentielle de son apprentissage. Ces représentations doivent être "learnable". Aussi relativement à notre hypothèse générale devons nous poser les questions difficiles suivantes: Existe-t-il dans ces modèles connexionnistes, une forme quelconque de *compositionnalité* et de *catégoricité* de cette information ? Par exemple: un vecteur constitue-t-il compositionnellement une structure systématique d'information? Existe-t-il des règles productives qui permettent de générer des structures complexes d'information et qui n'appartiennent pas au modèle strictement génératif des grammaires linguistiques et logiques? L'interaction de toutes ces unités de traitement est-elle une forme particulière de cette compositionnalité? La hiérarchisation des connexions correspond-elle à une forme de catégorisation? De plus, y trouve-t-on une forme explicite ou implicite d'inférentialité? Pour Smolensky (1988) l'inférentialité est une caractéristique présente dans tout système connexionniste. Bechtel (1988) semble y voir une similarité. S'il en est ainsi, quelle forme prend-elle? Ou se situent alors les règles? etc.

L'interprétation dans la représentation connexionniste.

Puisque ces modèles connexionnistes prétendent construire une représentation de l'information, ils ne peuvent esquiver la question de l'interprétation. Toute théorie de la représentation pose cette question des plus difficiles mais aussi la plus importantes. Pour certains analystes, tels Drestke, (1989) Dreyfus (1989) Hofstadter (1983) et surtout Churchland (1988) Commings (1989), Les modèles connexionnistes mettraient en place un modèle original d'interprétation. Ils quitteraient les modèles classiques de type extensionnel et strictement sémantiques (au sens tarskien du terme) pour un modèle véritablement "cognitif". Ils réussiraient d'une part ainsi à

donner à l'aspect intensionnel de la représentation une forme opératoire et d'autre par à définir plus clairement le type de relations que cette représentation entretient avec le monde extérieur (en raison du rapport causal des unités avec les objets externes. Le modèle de représentation serait ainsi véritablement causal .

Une telle position n'est pas sans problème et soulève de nombreux sous-débats, surtout ceux touchant la question de l'intentionnalité (cf Loar (1989) et Dennett 1988) et de la fonction du langage dans la représentation cognitive .

Le métalangage algébrique.

La question sémiotique n'apparaît pas simplement à travers le mode de présentation topologique .Elle se retrouve aussi au coeur du métalangage algébrique choisi. Et ici le lien avec les modèles symboliques apparaît encore plus nettement.

On peut en effet considérer , malgré sa forme mathématique, le métalangage vectoriel opère implicitement avec des concepts formels issus des modèles symbolique de type logique. Il n'est pas simple de faire cette démonstration mais on peut souligner ici les points suivants .

Ainsi, chaque valeur scalaire du vecteur représente une information relative à chaque intrant de l'unité de traitement. On considère en effet qu'un vecteur \mathbf{v}_i décrit la présence, l'absence ou l'inhibition de chaque intrant $P_1...P_n$ d'une unité de traitement .

$P_1 \quad P_2 \quad P_3 \quad P_4$

Vecteur \mathbf{V}_1 : { +1, +1, +1,-1 }

Autrement dit , pour l'ensemble d'intrants $\{P_1, P_2, P_3, P_4\}$, il existe une fonction I qui associe à chaque constante une valeur numérique. L'ensemble de ces valeurs numériques constitue le vecteur. Cette fonction I peut être considérée comme une fonction d'interprétation au sens frégeen et tarskien du terme. Elle associe un nombre à une constante. Dit encore autrement, le vecteur scalaire peut être considéré comme une interprétation numérique(au sens logique de ce concept) de l'ensemble non -ordonné $\{P_1...P_n\}$

Par exemple, la fonction I appliquée à chacun de élément de l'ensemble $\{P_1, P_2, P_3, P_4\}$ livre le vecteur $V=[+1,+1,+1 -1]$.

Ceci signifie que chaque la constante de l'ensemble $\{P_1...P_n\}$ se voit associée une valeur $+ 1$ ou -1 . Dans les termes de l'hypothèse symbolique ces valeurs pourraient représenter la valeur de vérité de chacun des termes d'un ensemble de proposition :Chaque élément de $\{P_1...P_n\}$ peut être considéré comme une proposition et chaque valeur scalaire son interprétation dans un quelconque univers. Le fait d'avoir des valeurs plus distribués , non discrètes ou plus floues, supérieures ou non à un seuil ne change rien sur la fonction d'interprétation que joue ce vecteur par rapport aux constantes. Ces différentes valeurs ne font que situer la fonction d'interprétation dans des logiques interprétatives plus complexes.Traduit dans les termes du paradigme logico- symbolique on peut considérer un vecteur comme livrant l'interprétation d'un ensemble *non ordonné* de propositions $\{P_1...P_n\}$.

S'il en est ainsi, on peut considérer qu'un vecteur exprime une formalisation la représentation de l'information que possède le système. Il constitue un langage descriptif spécifique .Et à ce langage on peut poser de manière originales questions d'atomicité , de productivité, d'inférentialité , de catégoricité et d'inférentialité de manière plus technique. Evidemment l'espace du présent article ne nous permet de traiter ces questions mais on peut facilement voir comment se déploieraient ces questions.

Qu'est ce qui dans cette représentation formelle constitue un atome de base de la représentation. Est-ce le vecteur (i.e l'unité de traitement) ou les intrants de chaque détecteur? Un vecteur constitue-t-il compositionnellement une structure systématique d'information.? Existe-t-il des règles productives qui permettent de générer des structures complexes d'information et qui n'appartiennent pas au modèle strictement génératif des grammaires linguistiques et logiques? Existe-t-il au sein du langage vectoriel des catégories différents de constituants? L'extrait d'une unité de traitement est elle catégoriellement différente des intrants que reçoit l'unité de traitement.

Conclusion

Si dans les analyses précédentes, nous avons voulu montrer la présence de dimension sémiotique dans le modèle connexionniste, ce n'est pas à des fins d'hégémonie de la sémiotique sur les sciences cognitives. Nous avons plutôt voulu plutôt intervenir dans un débat entre deux courants importants des sciences cognitives contemporaines qui s'opposent sur la fonction du symbole dans la cognition. Il nous semble que le débat , du moins au niveau où nous l' avons situé ne porte pas sur le symbole mais sur le sémiotique.

Plus souvent qu'autrement, dans ce débat, on comprend le symbole à travers la logique symbolique classique de type propositionnel et prédicative, ou encore des règles de formation et de production des théories syntaxiques formelles (Carnap, 1942; Chomsky, 1957; Anderson, J. R., 1983; Newell, 1973). Il nous a semblé que si l'on quittait ce paradigme strictement logique, et qu'on situait le débat au sein de la sémiotique plus classique, l'on comprendrait davantage la nature de l'opposition en jeu.

Pour notre part nous croyons que les théories cognitives classiques que l'on voit tant en psychologie cognitive qu'en intelligence artificielle ne s'opposent pas tant au connexionnisme parce l'un serait symbolique et l'autre pas. Au contraire, il nous semble qu'il y a dans les deux modèles un même fond sémiotique mais qui n'est pas nécessairement symbolique.

Il nous semble aussi que des différences importantes existent cependant dans la structure qu'on l'on donne à ces régimes sémiotiques. Le connexionniste propose une structuration très complexe d'un régime sémiotique et dont pour le moment nous ne sommes pas convaincu du manque de systématisme. Son originalité cependant repose aussi sur la proposition qu'il fait de situer ces systèmes à l'intérieur de la théorie des systèmes dynamiques. La dimension diachronie et apprentissage sont des constituants internes et essentiels de ces régimes sémiotiques.

Jean Guy Meunier, Université du Québec à Montréal 1989.

Références bibliographiques

- Ajdukiewicz, Kasimir, (1960) *Language and knowledge*. Warsaw.
- Anderson, J.A., (1973) "A theory for the recognition of items from short memorized lists", *Psychological Review*, 80, 417-438.
- Anderson, J.A., (1970) "Two models for memory organisation using interacting traces", *Mathematical Biosciences*, 8, 137-160.
- Anderson, J.R., (1976) *Language, Memory and Thought*. New York: John Wiley & Sons.
- Anderson, J.R., (1983) *The architecture of Cognition*, Cambridge, Mass.: Harvard U.P.
- Anderson, J.A. Mozer, M.C. (1981) Categorization and selective neurons, In Hinton, G.E., & Anderson J.A. (eds) *Parallel models of association*, Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Bechtel, W., (1988.) "Connections and Rules Representation Systems : are they Compatible?" *Philosophical Psychology*, vol 1, no 1.
- Bechtel, W., (1985) Are the new parallel distributed processing models of cognition cognitivist or associatist? *Behaviorism*, 13, pp 53-61
- Bechtel, W., (1988) "Connections and the philosophy of Mind : an overview," *Southern Journal of Philosophy*, 26 (supp) A COMPLETE
- Bobrow Daniel G., (1980), & Winograd, Terry., " KRL: Another Perspective" *Cognitive Science*, 3(1).
- Bobrow Daniel G., (1980), & Winograd, Terry., (1977) An overview of KRL, a Knowledge Representation Language, " *Cognitive Science*, 1, 3-46
- Chomsky, N. (1957) *Syntactic Structures*, The Hague: Mouton
- Brachman, R.J., Fikes R., Levesque, H.J. (1983) "KRYPTON: A Functional approach to Knowledge representation" *Lectures on Government and Binding*, Foris, Dordrecht.
- Chomsky, N., (1988) *Language and Problems of Knowledge*, MIT Press.
- Churchland, P.M. (1988) *Matter and Consciousness*, MIT Press,
- Churchland, P.M. *Scientific Realism and the Plasticity of Mind*, Cambridge University Press. 1979.
- Comings, R., (1989) *Meaning and Mental Representation*, Cambridge : MIT Press
- Curry H.B. Feys R., Craig W., (1958) *Combinatory Logic*, North Holland Pub. Amsterdam
- Dennett, D., *Brainstorms* Harvester Press, 1978.
- Dennett, D., (1987) *Intentional Stance*, MIT Press 1987.
- Desclées, J.P. (1981) " De la notion d'opérateur à la notion d'opération ou à la recherche de formalismes intrinsèques" *Mathématiques et Sciences Humaines* no. 76, , p. 5-32
- Desclées J.P. "Réseaux sémantique: la nature logique et linguistique des relateurs" *Langages*, " Sémantique et intelligence artificielle" no 87, 1987 p. 55-78
- Desclées, J.P. Z. Guentcheva. " A propos de la distinction langage et langues Humanismes et foi chrétienne. Beauchesne, Paris, 1976. p 137-143.
- Dretske, F.I., (1988) *Explaining Behavior*, Cambridge: MIT Press,
- Dretske F.I. *Knowledge and the flow of information*. MIT Press, 1982.
- Dreyfus H., (1988) "Holistic vs Symbolic Artificial Intelligence: The challenge of Connectionism", Pré-publication manuscript
- Dreyfus, H. L. (1972) *What Computers Cant' do: a critique of Artificial Reason*. New York: Harper and Row. Dreyfus, H.L., Dreyfus S.E., (1986) *Mind over Machine: The Power of Human Intuition and Expertise in Era of the Computer*. New York: The Free Press.
- Feedle R., (1979) *New directions in discourse processing*. Norwood: Ablex, Pub, Co., 1979
- Findlers, N.Y. ed (1979) *Associative Network: representation and Use of Knowledge by Computers*. New York: Academic Press.
- Fodor, J. A. & Pylyshyn, Z. W. (1988). "Connectionism and cognitive architecture: A critical analysis". *Cognition*, 28 (1-2), 3-71.
- Fodor, J. A. (1975) *The Language of Thought*, New York : Crowell.
- Fodor, J. A. (1978) "Tom Swift and his procedural Grandmother", *Cognition*, 6. 229-247.

- Fodor, J. A. (1983) *Modularity of Mind*. MIT Press.
- Fodor, J.A., (1981.) *Representations*. MIT Press,
- Frederiksen, Carl, (1979) "Semantic processing units in understanding text". in Feedle (ed), p. *New directions in discourse processing*. Norwood: Ablex, Pub. Co., 1979 p57- 88
- Frederiksen, C. (1975) "Representing logical and semantic structure of knowledge acquired from discourse". *Cognitive Psychology*, 7, 451-458.
- Frege, G. , (1879) *Begriffsschrift, eine der Arithmetischen nachgebildete Formelsprache des reinen Denkens*, Trans : T. W. Bynum in *Conceptual Notation and related articles*. Oxford: Clarendon Press, 1972. Frege, G. , (1892) "Über Sinn und Bedeutung". Trans. : On sense and reference in P. T. Geach and M. Black, Oxford: Basil Blackwell, 1952.
- Goldstein, I.P. Roberts R.B., "Using frames in Scheduling" in Winston, P.H. & Brown, R.H., *Artificial Intelligence, An MIT Perspective*, Vol I Cambridge MA: MIT Press, p. 251-284.
- Grice, P., (1957) "Meaning" *Philosophical Review* 66 377-88
- Grossberg S., (1978) "A theory of visual memory and development" in Leuvenberg, E.L.J., & Buffart H.F.M., *Formal Theories of visual perception*. New York: Wiley
- Grossberg, S., (1976) "Adaptive pattern classification and universal recoding: Part I Parallel development and coding of neural feature detectors" *Biological Cybernetics*, 23, 121, 134. ,
- Grossberg, S., (ed.) (1988), *Neural Network and Natural Intelligence*, Cambridge: Bradford Book, MIT Press.
- Haugeland J., (1987) *Mind Design* (ed) MIT Press 1987
- Haugeland, J., (1986) *Artificial Intelligence : The very Idea*, Bradford Book, MIT Press. Cambridge Mass.
- Hayes, P.J., (1977) "In defence of Logic" Proceedings of the Fifth International Joint Conference on A.I. Cambridge, MA, 1977, Los Altos, CA Morgan Kaufmann, p 559-565
- Hayes, P.J., (1979) "The logic of Frames" in Metzing D., *Frame Conceptions and Text Understanding*, Berlin de Gruyter, p 46-61
- Hayes, P.J., (1973), "The Frame problem and Related Problems of artificial Intelligence", in Elithorn, A., and Jones, D., (eds) *Artificial and Human Thinking*, San Francisco, CA: Jossey -Bass, 1973 pp 45-49
- Hendrix, G.G. (1977) "Human Engineering for Applied Natural Language Processing", in *Proc IJCAI 5* ,
- Herrlich H., & Strecker, G.E. (1973) *Category Theory*. Boston: Allyn and Bacon
- Hofstadter D., (1983), "Artificial Intelligence": Subcognition as Computation" in Mansfield F & MacLup. p 263. *The Study of Information*, John Wiley & Sons 1983.
- Jackendoff, R., (1987). *Consciousness and the Computational Mind*, Bradford Book MIT Press, .
- Jackendoff, R., (1983) *Semantic and Cognition*, MIT Press, Cambridge,
- Jackson Peter, Reichgelt Han, Harmelen Frank, (1989) *Logic Based Knowledge representation*, the MIT Press Cambridge: Mass. (1989).
- Johnson Laird, P. N. (1984) "Semantic Primitives of .i. Meaning Postulates:: Mental Models of .i. propositional Representations;" p 227-246 in Bruno B. G (ed) *Computational Models of Natural Language Processing*. Amsterdam: Norths Holland, 1984: XiIp 327
- Johnson-Laird, P. N. (1988) *The Computer and the .i. Mind*, Harvard UP. 1988
- Johnson-Laird, P. N. , (1983) *Mental Models: toward a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness*. , Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P. N. , and Mason, P. C. (1977) *Thinking: readings in Cognitive Science*, Cambridge: Cambridge UP.
- Kintsch, W. , (1974) *The representation of meaning in memory*. Hills dale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Ass. ,
- Kleene, S.C., (1936) General recursive functions of natural numbers. *Mathematische Annalen* 112, 727-742
- Kleene S.C. (1956) "Representation of events in nerve nets and finite automata". In Shannon C.E., and Mc Carthy J., (1956) *Automata Studies*, Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Lambek, J., Scott, P. J., (1987) *Introduction of Higher Order Categorical Logic*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Leuvenberg, E.L.J., & Buffart H.F.M., (1978) *Formal Theories of visual perception*. New York: Wiley
- Lehnert, W., & Wilks Y., "A critical Perspective on KRL", *Cognitive Science* 3(1) 1-28, (1979)
- Levesque, H.J. & Brachmann, R.J. (1984) The tractability of subsumption in frame-based description languages. *Nat Conf on Artificial Intelligence* pp 34-37
- Levesque, H.J. (1984) "Foundations of a Functional Approach to knowledge Representation". *Artificial Intelligence*, 23, 155-212.
- Levesque, H.J. and Mylopoulos, J., (1977) "An overview of a procedural approach to semantic networks". Proceedings of the 5th International Joint Conference on Artificial Intelligence. . p. 283.
- Lewis, David , (1972) "General Semantics", in Donald Davidson and Gilbert Harman, *Semantics of Natural Language*. Dordrecht: Reidel. 169 -218
- Lindsay & Norman D., *Human Information Processing*. New York: Academic Press. 1972.
- Loar Brian. (1981) *Mind and Meaning* Cambridge: Cambridge Univ. Press. Esprit;, .i. Epistémologie;, .i. Corps;, .i. neuroscience;, .i. identité;, .i. sensation;, .i. cerveau;, .i. conscience;, .i. philosophie, .i. matérialisme
- Lycan, W., "Commentaries", in Smolensky, P. (1988) On the proper treatment of connectionism, *The Behavioral and Brain Sciences*, Lycan, W., (1982) *Mind Brain and Function Essays in the philosophy of Mind*, University of Oklahoma Press. .
- Marr, D. (1982) *Vision: A computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*, San Francisco: W.H. Freeman.
- Metzing D., (1979) *Frame Conceptions and Text Understanding*, Berlin de Gruyter,
- Miller G. A. & Johnson-Laird, P. N. (1976). *Language and Perception*, Cambridge U. P.
- Minsky, M., (1986) *The Society of Mind*, Simon and Schuster.
- Minsky, M. and Papert, S., (1973). *Artificial Intelligence*. Condon lectures, Oregon State System of Higher Education, Eugene Oregon.

- Minsky, M. L. (1977) Frame-system theory, In Johnson-Laird. N. , and Mason, P. C. (1977)*Thinking: readings in Cognitive Science*, Cambridge:Cambridge UP.
- Montague, R., *Formal Philosophy/Selected Papers of Richard Montague*, Thomason ,R.,editor.Yale University Press . 1972.
- Morris :C.M.,(1938) "Foundations of the Theory of signs" . *International Encyclopaedia Of Unified Science* 1-2- University of Chicago Press.
- Morris, CV.,(1955) *Sign Language and Behavior*, Prentice Hall, New York,
- Newell A. , and Simon H. , (1976) "Computer science as Empirical Inquiry: Symbols and Search" *Communications of ACM* 19, 113-126.
- Newell A. , and Simon H. , (1976) "Symbol Manipulation" in *Encyclopedia of Computer Science* New York:Petrocelli/Charter 1976.
- Newell A. and Simon H. , (1972) *Human problem solving* . Englewood Cliffs, N. J. , Prentice Hall,
- Newell, A. (1973)"Artificial Intelligence and the Concept of Mind", In Schank and Colby, 1973 [2].
- Newell, A. (1983) "Physical Symbol systems "*Cognitive science*. 4:2 135-183.
- Newell, A. (1983) Intellectual Issues in the History of artificial Intelligence, in *The study of Information: Interdisciplinary Messages*, F. , Machlup and U. Manfrieds (eds) New York:John Wiley.
- Newell, A. , (1973) Production systems: Models of controls structures, In W, G. Chase (ed) *models of controls structure*, In W'G. Chase ed. , *Visual information Processing*, New York Academic Press *Information processing*, New York: Academic Press, PP 463-526
- Newell, A.. (1970)"Remarks on the Relationship Between Artificial Intelligence and Cognitive Psychology" In Banerji,R and Mesarovic M,D., (1970).*Theoretical Approaches to Non-numerical Problem Solving*, New York: Dringer -Verlag
- Nilsson N.J. & Genesereth Michael R., (1986)*Logical Foundations of Artificial Intelligence*, Kaufman M Publisher, Los Altos,
- Nilsson, N.J.,(1980)*Principles of Artificial Intelligence*. Palo Alto, Calif. ,Tioga Press.
- Patil, R. , " A case Study on Evolution of System Building Expertise Medical Diagnostic", in A Grimson , et Ramesh Patil (eds) *AI in the 1980,s and Beyond*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Peirce ,C.S. (1931-58) *Collected Papers*, Cambridge: Harvard University POress.)
- Pinker, S. & Prince,A(1987) *On language and connectionsl: analysis of a parallel distributed processing model of language acquisition*. Occasional Paper, No 33. Center for Cognitive Science,MIT.
- Putnam, H. , (1960) Minds and Machines, in S Hook, Eds;I *Dimensions of Mind*, New York: New York University Press.
- Putnam, H., (1973)Reductionism and the nature of psychology, *Cognition* 1973-2/1 :131-147.
- Putnam, H., (1988)*Representation and Reality*, 1988,MIT Press.
- Pylyshin, Z. W. (1984). *Computation and cognition: Toward a foundation for cognitive science*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Quillian, M. R. (1968) Semantic memory, in Minsky, ed *Semantic information theory*, Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Quine W. V. (1940) *Mathematical Logic*, Harvard UP.
- Rumelhart D., Mc Lelland,J.L., (1987)*Parrallel distributed processing, Vol I et II*, MIT Press, 1987.
- Rumelhart, , D. E. , (1975) Notes on a schema for Stories, In Bobrow Daniel G., & Collins,Allan (eds) (1975) *Representation and Understanding : Studies in cognitive Science*, New York, Academic Press.
- Schank R. , & Abelson, R. , (1977) *Scripts, Plans Goals and Understanding*. Hillsdale N. J. Laurence Erlbaum Associates,
- Schank, R. C. , and Colby, Kenneth N. J. (1973) *Computer models of Thought and Language*, San Francisco: WH. Freeman.
- Schank, R. C. (1972) Conceptual dependency: A Theory of natural Language Understanding, *Cognitive Psychology*, 3, 552-631
- Schank, R. C. , (1975) *Conceptual information Processing*. Amsterdam: North Holland Pub
- Schubert L. K. , (1975) ESebeok T., (1976)*Contributions to the Doctrine of Signs* Bloombington Indiana University and Peter Ridder Press, 1976 b.xtending the expressive power of semantic networks, Advance Papers of the 4th International Joint Conference on Artificial Intelligence 1975, pp 158-164
- Schubert, L. K. , Goebels R. G. , Cercone, N. J. (1979) "The Structure and Organization of a Semantic net for Comprehension and Inference" in *Representation of knowledge by Computers*, Academic Press. . p121-175
- Searle J. , (1984) *Mind Brains and Science*, Harvard University Press,
- Searle, J. , (1969) *Speech Acts: An essay in the Philosophy of Language*. Cambridge: Cambridge University Press. Shaumyan ,S. (1957) *Applicationnal Grammar as a semantic theory of Natural Language* Chicago University Press, 1977 Chicago U.P
- Shaumyan S.,*A Semiotic Theory of Natrual Language* , Indiana University Press. Bloomington 1986
- Simon H. A.,(1980) "Cognitive Science: The Neweast Science of the Artificial" in *Cognitive Science*, vol 4 (jan/ Feb 1980 p. 33-46
- Smolensky,P.(1988) On the proper treatment of connectionism, *Behavioral and Brain Sciences*, final.
- Stefiks M(1981). "Planning and Meta Planning (MOLGEN Part II) " *Artificial Intelligence* ,16(2): 141-170 1981,